

TWINSpan과 DCCA에 의한 신갈나무群集과 環境의 相關關係 分析^{1*}

宋鎬京² · 張圭寬³ · 金聖德⁴

An Analysis of Vegetation-Environment Relationships of *Quercus mongolica* Communities by TWINSpan and DCCA^{1*}

Ho Kyung Song², Kyu Kwan Jang³ and Seong Deog Kim⁴

要 約

신갈나무群集과 環境 要因과의 關係를 究明하기 위하여 五臺山과 點鳳山 地域에 81個의 調査區를 設置하여 植生 調査를 實施하였으며, TWINSpan과 CANOCO 方法을 使用하여 分析한 結果는 다음과 같다.

重要值가 높은 種은 신갈나무, 당단풍, 피나무, 까치박달나무, 고로쇠나무, 들푸레나무 등의 順이다.

신갈나무群集은 신갈나무전형群集, 신갈나무-까치박달나무群集, 신갈나무-분비나무群集으로 區分할 수 있다.

主要 群集들과 環境 要因들과의 關係로 보면 신갈나무전형群集은 海拔高가 다른 群集보다 상대적으로 낮고, 全窒素가 비교적 적은 곳에 分布하고 있으며, 신갈나무-까치박달나무群集은 海拔高가 다른 群集보다 상대적으로 낮고, Mg, Ca 등의 養料가 가장 많은 곳에 分布하고 있으며, 신갈나무-분비나무群集은 海拔高가 다른 群集보다 상대적으로 높고, Mg, Ca 등의 養料가 비교적 적은 곳에 分布하고 있다.

群集의 分布에 影響을 미치는 環境 要因들은 海拔高와 全窒素이다.

ABSTRACT

Vegetational data from 81 quadrats of *Quercus mongolica* communities in Mt. Odae and Mt. Jumbong were analysed by applying two multivariate methods: two-way indicator species analysis(TWINSpan) for classification and detrended canonical correspondence analysis(DCCA) for ordination.

The dominant tree species of *Quercus mongolica* communities were found in the order of *Quercus mongolica*, *Acer pseudosieboldianum*, *Tilia amurensis*, *Carpinus cordata*, *Acer mono*, and *Fraxinus rhynchophylla*.

The forest vegetation of *Quercus mongolica* community was classified into *Quercus mongolica*, *Quercus mongolica-Carpinus cordata*, and *Quercus mongolica-Abies nephrolepis* groups according to the TWINSpan.

The relationships between the distribution of dominant groups for forest vegetation and soil

¹ 接受 1995年 4月 24日 Received on April 24, 1995.

² 忠南大學校 農科大學 College of Agriculture, Chungnam National University, Taejeon, Korea.

³ 圓光大學校 農科大學 College of Agriculture, Wonkwang University, Iksan, Korea.

⁴ 忠南大學校 自然科學大學 College of Natural Science, Chungnam National University, Taejeon, Korea.

* 이 논문은 1993年度 韓國學術振興財團의 공모과제 研究費에 의하여 연구된 內容의 一部分임.

condition in *Quercus mongolica* communities were investigated by analysing elevation and soil nutrition gradients.

Quercus mongolica group was distributed in the low elevation and poor nutrition area of total nitrogen, *Quercus mongolica* - *Carpinus cordata* group was distributed in the low elevation and good nutrition area of Mg^{++} and Ca^{++} , while *Quercus mongolica* - *Abies nephrolepis* group was distributed in the high elevation and poor nutrition area of Mg^{++} and Ca^{++} .

The two dominant factors influencing community distribution were elevation and total nitrogen.

Key words : *Quercus mongolica* community ; TWINSPAN ; DCCA ; Direct gradient analysis.

緒 論

森林群落的 構造와 動態는 土壤과 氣候 및 生物學的 要因 等の 相互作用으로 인하여 漸進的 變化를 보이며, 安定 狀態를 維持하려 한다. 이와 같은 森林群落的 種 構成 및 이들의 安定 狀態를 결정하는 機構를 알기 위하여 여러 가지의 植物社會學的 調查가 試圖되었다. 특히 Whittaker(1951)는 植生과 環境 勾配와의 關係를 分析하여 植生の 遷移에 관한 概念을 具體化하고 Lambert & Dale(1964)은 森林群叢의 構造를 記述하기 위하여 association analysis를 適用하였으며, 위와 같은 다양한 植物社會學的 調查에 의하여 現存하는 森林群落到 대한 構造와 動態 等에 관한 많은 情報를 蒐集할 수 있다.

Ordination은 群落 構造와 動態를 分析하기 위하여 植生 標本들을 環境 勾配에 따라 配列하는 過程으로서(Goodall, 1954, 1963; Austin, 1976) 直接 勾配 分析 方法과 間接 勾配 分析 方法이 있으며, Greig-Smith(1983), Ter Braak(1986, 1987b)는 ordination의 目的은 群落의 構造를 밝히고 群集에서 植生과 環境과의 相互 作用에 대한 假定을 類推해 내는 것이라고 하였다.

直接 勾配 分析 方法은 環境 要因들을 直接 使用하여 分析하는 方法으로 ordination의 각 軸은 개개의 環境 要因이나 여러 環境 要因의 조합을 나타내며(Whittaker, 1967, 1978, 1987; Peet, 1978a, 1978b; Gauch, 1982; Ter Braak와 Prentice, 1988), 間接 勾配 分析 方法은 植生 資料를 土臺로 하며 ordination 軸들은 植生에서 얻어진 勾配를 주로 나타낸다(Goodall, 1954; Hill, 1973).

直接 勾配 分析 方法으로 DCCA(detrended canonical correspondence analysis)는 weighted

averaging ordination 方法의 확장으로 環境 變化에 따라 種을 배열하며(Ter Braak, 1986, 1987b), 種과 環境과의 相關關係를 밝히기 위하여 使用되었다(Ter Braak와 Prentice, 1988).

신갈나무林은 우리 나라의 中部亞區와 南部亞區의 거의 全 地域에 分布하며(정태현과 李愚喆, 1965), 李愚喆 等(1994)은 雪嶽山 신갈나무林의 群落 分類에 대하여 報告 하였고, 이호준 등(1994)은 명지산 신갈나무林의 群落 分類에 대하여 報告하였다. 그리고 韓相燮 等(1992)은 신갈나무 林分의 物質生産에 관하여 報告하였다. 그러나 신갈나무林과 環境과의 相關關係에 관한 研究는 거의 없는 實情이다.

本 研究는 우리 나라에 널리 分布되고 있는 신갈나무群集과 環境 要因과의 關係를 究明하기 위하여 ordination 및 clustering 方法을 使用하여 分析하였다. 따라서 本 研究는 신갈나무林을 적합한 生態 適所에 擴大 普及하고, 또 그 林地 生産性을 높이는 데 必要한 基礎 情報를 얻는 目的이 있다.

調查 및 分析 方法

1. 調查地의 概況

調查 地域은 주로 五臺山, 點鳳山의 自然林 中에서 人爲的 被害가 적은 森林群集이다.

이들 地域의 氣候는 平昌, 大關嶺(1980-1989년), 인제, 속초의 氣象 資料에 의하면 平昌이 年平均 氣溫 10.3℃ 年平均 降水量 1,082mm, 大關嶺이 年平均 氣溫 6.2℃ 年平均 降水量 1,639mm, 인제가 年平均 氣溫 9.8℃ 年平均 降水量 997mm, 속초가 年平均 氣溫 17.6℃ 年平均 降水量 1,330mm로 冷溫帶 落葉闊葉樹林帶의 氣候의 特性을 나타내고 있다(Yim과 Kim, 1983).

이곳의 植生은 大部分이 二次林으로 五臺山 地

域은 신갈나무, 당단풍, 피나무, 잣나무, 고로쇠나무 등이, 點鳳山 地域은 신갈나무, 당단풍, 피나무, 잣나무, 분비나무 등이 優占하고 있다

2. 植生 및 立地 環境 調査

植生 調査는 Braun - Blanquet에 基礎를 둔 Mueller - Dombois와 Ellenberg(1974)의 relevé method에 의하여 五臺山, 點鳳山의 自然林 中에서 人爲的 被害가 적은 森林群集을 對象으로 1993년 7월부터 1994년 9월 사이에 植生 調査를 實施하였다.

調査區는 신갈나무군집 81個所로 方形區는 15m x 15m의 크기로 設置하고 胸高直徑 3cm 以上의 樹木을 對象으로 每木 調査를 實施하였다.

土壤 環境 要因으로는 調査地의 方位, 傾斜, 海拔高를 測定하였다. 方位는 나침반을 使用하여 8個 方位로 區分하였고, 傾斜度는 Blume - Leiss의 傾斜測定器를 利用하여 測定하였다. 그리고 土壤 試料는 各 方形區에서 1個所씩 A層에서 2kg의 試料를 採取하였다.

3. 土壤 分析

土壤 酸度는 土壤 試料와 蒸溜水를 1:5의 比率로 섞어 測定하였다. 모든 化學 分析은 Allen 등(1986)의 方法에 의하여 全窒素는 micro - Kjeldahl法, 有機物含量은 Tyurin法, 有效磷酸은 Lancaster法으로 定量하였으며, 置換性 Ca⁺⁺와 Mg⁺⁺는 原子吸光分光 分析法을, K⁺는 炎光分光 分析法을 使用하였고, C.E.C.는 Brown法을 使用하였다.

4. 重要值 分析

植生 調査에서 얻은 資料를 Curtis와 McIntosh (1951)의 方法에 따라 重要值(IV)를 산출하였다.

$$IV = \text{상대밀도(RD)} + \text{상대피도(RC)} + \text{상대빈도(RF)}$$

$$RD = \frac{\text{어떤 種의 總 個體數}}{\text{全體 種의 總 個體數}} \times 100(\%)$$

$$RC = \frac{\text{어떤 種의 胸高斷面積}}{\text{全體 種의 胸高斷面積}} \times 100(\%)$$

$$RF = \frac{\text{어떤 種의 出現 頻度}}{\text{全體 種의 出現 頻度の 合}} \times 100(\%)$$

5. Ordination 分析

植生 調査의 資料로부터 各 種의 合成值 X_{ij}를 다음과 같이 구하였다.

$$X_{ij} = (d_{ij} + D_{ij}) / 2$$

X_{ij}는 j調査區에서 種 i의 合成值이며, d_{ij}는 相對密度, D_{ij}는 相對被度를 나타낸다.

合成值 X_{ij}를 가지고 各 調査區에 따른 種組成을 나타내는 vegetational data matrix를 作成하였으며, 또한 野外 調査와 實驗室 測定 結果 얻어진 環境 要因들을 利用하여 environmental data matrix를 作成하였다.

Classification은 Hill(1979)의 TWINSpan (Two-way INdicator SPecies ANalysis)을 利用하였으며, 얻어진 資料는 0%, 2%, 5%, 10%, 20%의 cut level이 使用되었다. 各 調査區에서 20% 以上の 重要值를 가지는 種은 그 調査區의 優占種으로 간주되었다.

Ordination은 DCA(Detrended Correspondence Analysis)의 확장인 DCCA(Detrended Canonical Correspondence Analysis)를 使用하였으며(Hill, 1979; Hill과 Gauch, 1980) Ter Braak(1987a)의 CANOCO program을 利用하였다. 이 方法은 多變量의 直接 勾配 分析 方法으로서(Ter Braak, 1986, 1987b, 1988) ordination 軸 위에 植生과 環境과의 相關關係가 가장 잘 나타낸다.

結果 및 考察

調査된 81個의 plot에서 出現한 種 數는 70種이었으며, ordination에 使用된 52種 中에서 重要值가 높은 種은 신갈나무, 당단풍, 피나무, 까치박달나무, 고로쇠나무, 물푸레나무 등의 順이다 (Table 1).

Table 1에서 신갈나무와 당단풍의 重要值는 各各 98.92, 37.21로 매우 높음을 알 수 있으며, 이병천(1993)이 點鳳山의 신갈나무群落에서 重要樹種이 신갈나무, 당단풍, 물푸레나무, 고로쇠나무, 까치박달나무라고 하였는데, 本 調査에서 피나무의 重要值가 높은 것은 오대산 地域의 植生이 包含되었기 때문이라고 思料되며, 그리고 Suh(1993)가 점봉산의 신갈나무群落에서 basal area에 의하여 比較한 結果와도 비슷하다.

신갈나무群集은 TWINSpan에 의하여 신갈나무-전형群集, 신갈나무 - 까치박달나무群集, 신

Table 1. The importance value of major trees in *Quercus mongolica* communities.

Species	R.D.	R.C.	R.F.	I.V.
<i>Quercus mongolica</i>	23.69	66.49	8.74	98.92
<i>Acer pseudosieboldianum</i>	24.12	4.57	8.52	37.21
<i>Tilia amurensis</i>	8.20	5.72	7.66	21.58
<i>Carpinus cordata</i>	5.85	1.93	3.45	11.23
<i>Acer mono</i>	3.01	2.00	5.07	10.08
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	2.65	1.66	3.78	8.09
<i>Pinus koraiensis</i>	2.37	2.62	2.80	7.79
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	3.86	0.13	3.78	7.77
<i>Abies holophylla</i>	1.95	2.35	2.91	7.21
<i>Kalopanax pictus</i>	1.29	2.23	3.67	7.19
<i>Magnolia sieboldii</i>	2.16	0.15	4.21	6.52
<i>Maackia amurensis</i>	1.80	0.90	3.13	5.83
<i>Abies nephrolepis</i>	2.23	1.73	1.83	5.79
<i>Sorbus alnifolia</i>	1.33	0.37	3.56	5.26
<i>Corylus sieboldiana</i> var. <i>mandshurica</i>	1.35	0.05	3.56	4.96
<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>	1.47	0.04	3.24	4.75
<i>Betula costata</i>	0.76	1.14	2.27	4.17
<i>Acer tschonoskii</i> var. <i>rubripes</i>	1.79	0.18	1.94	3.91
<i>Styrax obassia</i>	0.80	0.08	1.73	2.61
<i>Cornus controversa</i>	0.59	0.24	1.73	2.56
<i>Syringa reticulata</i> var. <i>mandshurica</i>	0.88	0.06	1.51	2.45
<i>Acer barbinerve</i>	0.58	0.02	1.62	2.22
<i>Rhododendron mucronulatum</i> var. <i>ciliatum</i>	1.11	0.04	0.97	2.12
<i>Prunus sargentii</i>	0.34	0.30	1.40	2.04
<i>Fraxinus mandshurica</i>	0.40	0.80	0.76	1.96
<i>Carpinus laxiflora</i>	0.44	0.40	0.97	1.81
<i>Sorbus commixta</i>	0.43	0.06	1.19	1.68
<i>Euonymus sachalinensis</i>	0.46	0.02	1.19	1.67
<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i>	0.38	0.73	0.54	1.65
<i>Pinus densiflora</i>	0.24	0.92	0.43	1.59
<i>Lindera obtusiloba</i>	0.30	0.01	1.19	1.50

Table 2. *Quercus mongolica* community data from Fig. 1: canonical coefficients and the inter set correlation of environmental variables with the first two axes of detrended canonical correspondence analysis. For a description of variables, see Fig. 1 legend.

Variables Axis	Canonical coefficients		Correlation coefficients	
	1	2	1	2
Total nitrogen	0.072	0.005	-0.365**	-0.453**
Organic matter	0.080	-0.017	0.320**	-0.088
P ₂ O ₅	-0.034	-0.053	0.005	-0.274*
C.E.C.	0.108	0.033	0.192	-0.276*
K ⁺	-0.041	0.042	-0.076	-0.220*
Ca ⁺⁺	0.038	0.114	0.301**	-0.550**
Mg ⁺⁺	-0.026	-0.167	0.085	-0.641**
pH	0.152	0.058	0.264*	0.021
Elevation	-0.294	-0.067	-0.735**	-0.290**
Aspect	0.018	-0.063	0.205	-0.159
Slope	-0.101	-0.127	-0.417**	-0.260*
Eigenvalue	0.219	0.118		

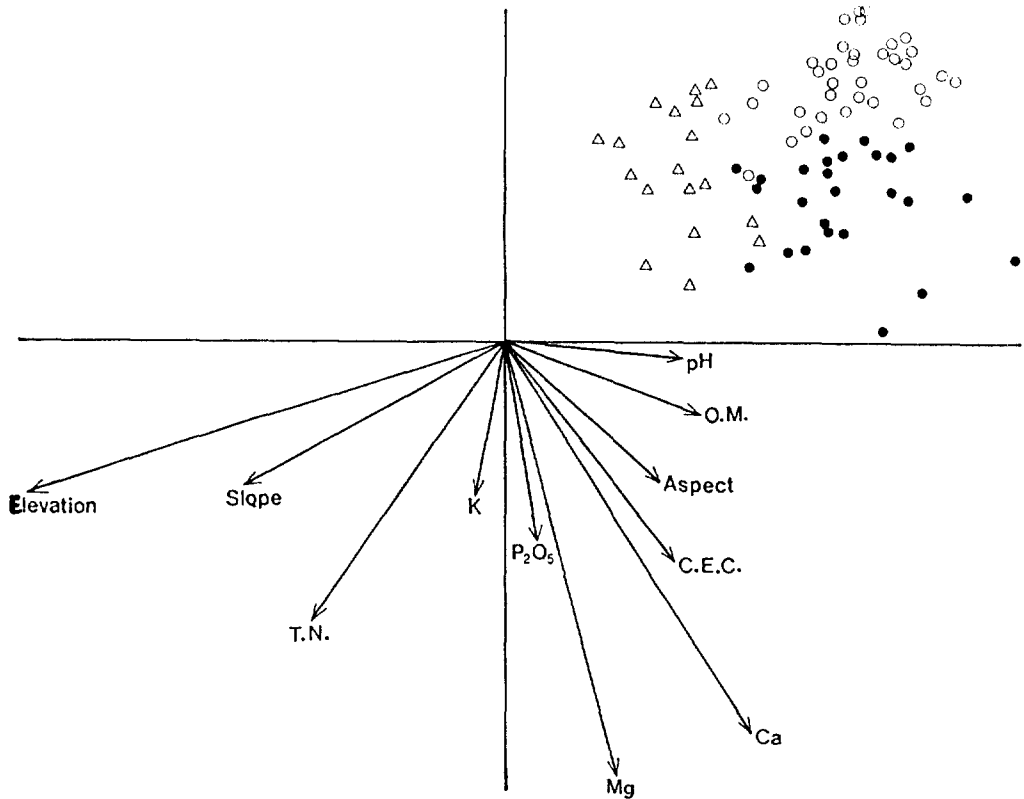


Fig. 1. *Quercus mongolica* community data : DCCA(detrended canonical correspondence analysis) ordination diagram with plots(○,●,△) and environmental variables(arrow). The plots are : ○=*Quercus mongolica*; ●=*Quercus mongolica*-*Carpinus cordata*; △=*Quercus mongolica*-*Abies nephrolepis*. The environmental variables are : T.N.=total nitrogen ; O.M.=organic matter ; P₂O₅=available phosphorus concentration ; C.E.C.=cation exchange capacity ; K=potassium concentration ; Ca=calcium concentration ; Mg=magnesium concentration.

갈나무-분비나무群集의 3group으로 나누어진 다.

신갈나무群集은 신갈나무가 喬木層을, 당단풍이 亞喬木層을 形成하고 있으며, 피나무는 차츰 生態的 地位를 넓혀 가는 途中相을 보여주고 있다. 그리고 신갈나무전형群集은 신갈나무群集의 代表的인 特徵을 나타내고 있으며, 신갈나무-까치박달나무群集은 신갈나무전형群集에 까치박달나무가 特徵種으로, 그리고 신갈나무-분비나무群集은 신갈나무전형群集에 분비나무와 잣나무가 特徵種으로 分布하고 있다.

宋鎬京(1990b)은 신갈나무群集의 TWINSpan 分析에서 소나무群集과 당단풍群集으로 크게 區分된다고 하였는데, 本 調査에서 소나무群集이 나타나지 않은 것은 1990년도의 調査는 계룡산, 덕유산, 속리산으로 森林帶로 볼 때 溫帶 南部에

해당하며, 이번 調査 地域은 點鳳山과 五臺山으로 森林帶로 볼 때 溫帶 北部에 해당하기 때문이라고 思料된다.

이들 群集을 DCCA ordination에 의하여 分析한 結果는 Fig. 1과 같다.

Fig. 1은 TWINSpan에 의하여 選定된 3group의 群集과 11個의 環境 要因들을 DCCA ordination 結果 最初 1, 2軸을 平面 上에 나타낸 것이다.

Fig. 1에서 보는 바와 같이 신갈나무群集들은 11個의 環境 要因에 따라 分布하고 있으며, 이들 環境 要因들과 DCCA ordination 結果에 의한 第一, 第二軸과 相關關係를 살펴보면(Table 2), 여러 環境 要因들이 群集의 分布와 깊은 相關關係가 있으며, 第一軸에서는 海拔高, 全窒素, 有機物含量 등이, 第二軸에서는 Mg, Ca, 全窒素,

海拔高等과 높은 相關關係를 보여주고 있다. 環境 要因 中 海拔高가 群集의 分布에 影響을 미치는 가장 중요한 因子라는 것을 알 수 있으며, 이러한 結果는 宋鎬京(1990a, b), 俞在殷와 宋鎬京(1989), 宋鎬京 等(1994)의 結果와도 一致한다. 또한 主要 群集들과 環境 要因들과의 關係로 보면 신갈나무전형群集은 海拔高가 다른 群集보다 상대적으로 낮고, 全窒素가 비교적 적은 곳에 分布하고 있으며, 신갈나무 - 가치박달나무群集은 海拔高가 다른 群集보다 상대적으로 낮고, Mg, Ca 等の 養料가 가장 많은 곳에 分布하고 있으며, 신갈나무 - 분비나무群集은 海拔高가 다른 群集보다 상대적으로 높고, Mg, Ca 等の 養料가 비교적 적은 곳에 分布하고 있는 것을 볼 수 있다.

引用 文 獻

1. 宋鎬京. 1990a. DCCA에 의한 鷄龍山과 德裕山의 森林群集과 環境의 相關關係 分析. 韓國林學會誌 79(2) : 216 - 221.
2. 宋鎬京. 1990b. DCCA에 의한 신갈나무群集과 環境의 相關關係 分析. 忠南大學校 環境研究報告 8 : 1 - 5.
3. 宋鎬京·張奎寬·權琦遠. 1994. TWINSPAN과 DCCA ordination에 의한 五臺山 森林群集의 分析. 忠南大學校 環境研究報告 12 : 47 - 54.
4. 俞在殷·宋鎬京. 1989. Classification과 Ordination에 의한 俗離山 森林群集의 分析. 忠南大學校 環境研究報告 7 : 1 - 8.
5. 李炳天. 1993. 點鳳山 山林群集 構造 및 分布에 관한 研究. 慶北大學校 博士學位論文. pp83.
6. 이호준·이재석·변두원. 1994. 명지산 신갈나무림의 군락분류와 식생패턴. 韓國生態學會誌 17(2) : 185 - 201.
7. 정태현·이우철. 1965. 한국산림식물대 및 적지적수론. 성대논문집 10 : 329 - 435.
8. 韓相燮·金道永·沈朱錫. 1992. 신갈나무 壯齡林分의 物質生産 構造에 관한 研究. 韓國林學會誌 81(1) : 1 - 10.
9. Allen, S.E., H.M. Grimshaw and A.P. Rowland. 1986. Chemical analysis. Pages 285 - 344 in Moore, P.D. and S.B. Chapman, ed. Methods in plant ecology. 2nd ed. Blackwell Scientific Pub, Oxford.
10. Austin, M.P. 1976. Performance of four ordination techniques assuming three different non linear species response models. Vegetatio 33 : 43 - 49.
11. Curtis, J.T. and R.P. McIntosh. 1951. An upland forest continuum in the prairie forest border region of Wisconsin. Ecology 32 : 476 - 496.
12. Gauch, H.G. Jr. 1982. Multivariate Analysis in Community Ecology. Cambridge : Cambridge University Press.
13. Goodall, D.W. 1954. Objective methods for the classification of vegetation. III. An essay in the use of factor analysis. Aust. J. Bot. 2 : 304 - 324.
14. Goodall, D.W. 1963. The continuum and the individualistic association. Vegetatio 11 : 297 - 316.
15. Greig-Smith, P. 1983. Quantitative plant ecology. 3rd ed. Blackwell, Oxford.
16. Hill, M.O. 1973. Reciprocal averaging : an eigenvector method of ordination. J. Ecol. 61 : 237 - 249.
17. Hill, M.O. 1974. Correspondence analysis : A neglected multivariate method. J.R. Stat. Soc. Ser. C, 23 : 340 - 354.
18. Hill, M.O. 1979. DECORANA - A FORTRAN Program for Detrended Correspondence Analysis and Reciprocal Averaging. Ithaca, N.Y. Cornell Univ. Press.
19. Hill, M.O. and H.G. Jr. Gauch. 1980. Detrended Correspondence Analysis, an improved ordination technique. Vegetatio 42 : 47 - 58.
20. Lambert, J.M. and M.B. Dale. 1964. The use of statistics in phytosociology. Adv. Ecol. Res. 2 : 59 - 99.
21. Mueller-Dombois, D. and H. Ellenberg. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley & Sons, Inc.
22. Peet, R.K. 1978a. Latitudinal variation in

- southern Rocky Mountain forests. *J. Biogeogr.* 5 : 275 - 289.
23. Peet, R.K. 1978b. Forest vegetation of the Colorado Front Range : patterns of species diversity. *Vegetatio* 37 : 65 - 78.
 24. Suh, Minhwan. 1993. Stand Structure and Regeneration Pattern of *Quercus mongolica* Forests. Ph. D. Thesis. Seoul National University. pp94.
 25. Ter Braak, C.J.F. 1986. Canonical correspondence analysis : a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology* 67 : 1167 - 1179.
 26. Ter Braak, C.J.F. 1987a. CANOCO - a FORTRAN program for canonical community ordination by [partial] [detrended] [canonical] correspondence analysis, principal components analysis and redundancy analysis (version 2.1). TNO Institute of Applied Computer Science, Statistics Department, Wageningen, The Netherlands. 95pp.
 27. Ter Braak, C.J.F. 1987b. The analysis of vegetation environment relationships by canonical correspondence analysis. *Vegetatio* 69 : 69 - 77.
 28. Ter Braak, C.J.F. 1988. CANOCO - an extension of DECORANA to analyze species environmental relationships. *Vegetatio* 75 : 159 - 160.
 29. Ter Braak, C.J.F. and I.C. Prentice. 1988. A theory of gradient analysis. *Advances in Ecological Research* 18 : 271 - 317.
 30. Whittaker, R.H. 1951. A criticism of the plant association and climax concepts. *Northwest Sci.* 25 : 17 - 31.
 31. Whittaker, R.H. 1967. Gradient analysis of vegetation. *Biol. Rev.* 42 : 207 - 264.
 32. Whittaker, R.H. 1978. Direct gradient analysis. Pages 7 - 50 *in* Whittaker, R.H., ed. *Ordination of Plant Communities*. Handbook of Vegetation Science, No. 5. The Hague : Junk, 2nd ed.
 33. Whittaker, R.J. 1987. An application of detrended correspondence analysis and non-metric multidimensional scaling to the identification and analysis of environmental factor complexes and vegetation structures. *J. Ecol.* 75 : 363 - 376.
 34. Yim, Y.J. and S.D. Kim. 1983. Climate diagram map of Korea. *Korean J. Ecology* 6 : 261 - 272.